

論 文 目 録

群馬大学大学院工学研究科

報 告 番 号	※第 号	氏 名	呉 ジュ Wu Shu
学位論文 論文題目 Dynamic Performance Analysis and Improvement for DC-DC Buck Converter (和訳) 降圧型 DC-DC 変換器の動特性解析・向上手法の研究			
関連論文 (1) 著者名 S. Wu, Y. Kobori, N. Tsukiji, H. Kobayashi 論文題目 Transient Response Improvement of DC-DC Buck Converter by a Slope Adjustable Triangular Wave Generator (和訳) 傾斜調節可能な三角波発生回路による降圧型 DC-DC 変換回路の過渡特性の向上 雑誌名 IEICE Trans. Communication 第 E98-B 巻 第 2 号 288 頁～295 頁 2015 年 2 月			
関連論文 (2) 著者名 S. Wu , Y. Kobori, H. Kobayashi 論文題目 A Simple Analog Feed-Forward Controller Design for DC-DC Buck Converter (和訳) 降圧型 DC-DC 変換回路のシンプルなアナログフィードフォワード制御器設計 雑誌名 Key Engineering Materials, 2015 年 3 月 (掲載決定)			
参考論文 (1) 著者名 F. Zhao, H. Gao, L. Xing, Y. Kobori, S. Wu, H. Kobayashi, S. Miwa, A. Motozawa, Z. Nosker, N. Takai, 論文題目 Continuous-Time Delta-Sigma Controller for DC-DC Converter (和訳) DC-DC 変換回路の連続時間デルタシグマ変調制御器 雑誌名 Key Engineering Materials, 2015 年 3 月 (掲載決定)			
参考論文 (2) 著者名 M. Li, Y. Kobori, F. Zhao, Q. Zhu, Z. Nosker, S. Wu, S. N. Mohyar, H. Kobayashi, N. Takai 論文題目 Single-Inductor Dual-Output DC-DC Converter Design with Exclusive Control (和訳) 排他制御を用いた単一インダクタ 2 出力 DC-DC 変換回路の設計 雑誌名 Key Engineering Materials, 2015 年 3 月 (掲載決定)			

参考論文 (3)

著者名 S. Wu , Y. Kobori, H. Kobayashi

論文題目 Dynamic Performance Improvement of DC-DC Buck Converter by Slope Adjustable Triangular Wave Generator

(和訳) 傾斜調節可能な三角波発生回路による降圧型 DC-DC 変換回路の過渡特性の向上

雑誌名 Proceedings of IEEE 11th International SoC Design Conference, Jeju, Korea 2014 年 11 月

参考論文 (4)

著者名 S. Wu, Y. Kobori, Z. Nosker, M. Li, F. Zhao, L. Quan, Q. Zhu, T. Yamaguchi, E. Shikata, T. Kaneko, K. Ueda, N. Takai, H. Kobayashi

論文題目 Design of a Simple Feed-Forward Controller for DC-DC Buck Converter

(和訳) 降圧型 DC-DC 変換回路のシンプルなフィードフォワード設計

雑誌名 Proceedings of the 4th IEICE International Conference on Integrated Circuits Design and Verification, Ho Chi Minh City, Vietnam, 2013 年 11 月

学 位 論 文 の 要 旨

.....Dynamic Performance Analysis and Improvement for DC-DC Buck Converter.....

(和訳) 降圧型 DC-DC 変換器の動特性解析・向上手法の研究

氏 名 吳 ジュ (Wu Shu) 印

The purpose of this dissertation is to improve the dynamic performance for the switching converter. The continuous advancement of signal processing technologies for integrated circuits has posed stringent challenges to power supplies. Higher speed clock, faster dynamic current slew rate and lower output voltage require to improve the dynamic performance of the switching converter.

Chapter 2 reviews three basic topologies of switching converter. The structure, steady-state equivalent circuit model and transfer function are introduced. Then focusing only on DC-DC buck converter, dynamic performance is analyzed in Chapter 3. From the frequency characteristics of the loop gain, the expression of its transient response caused by the variation in the reference signal, the input voltage and the load current is deduced. The results of these analyses direct the control system design for voltage-mode and current-mode controls. Although voltage-mode control is more advantageous than current-mode control, the gain-bandwidth product of op-amp severely limits the closed-loop bandwidth, and any change in the system must first be sensed as an output change. These usually mean poor dynamic performance.

Inspired by the current-mode control, a slope adjustable triangular wave is proposed into voltage-mode control, instead of the conventional fixed triangular wave which is compared to the control variable, and then a pulse-width-modulated signal is generated to drive the switching elements. The proposed triangular wave slope is dependent on the input voltage and the deviation of the output voltage. The triangular wave generator (TWG) circuit is introduced in Chapter 4, and then the stability analysis and simulation results are also be included. Using the proposed TWG, both the load and line transient responses are improved. Since the TWG provides a line feed-forward control for the line transient response, it increases the closed-loop bandwidth, and then better dynamic performance is obtained. While the required additional circuit components are only a voltage adder, a voltage controlled

linear resistance and a voltage controlled current source. It is verified that the proposed TWG is a simple-yet-effective method for improving dynamic performance of the DC-DC buck converter.

In Chapter 5, it is shown that the TWG can be also applied to a single-inductor dual-output DC-DC buck converter to improve the cross-regulation.

この論文では、スイッチングコンバータのダイナミック性能向上手法を提案・検証を記述している。集積回路に対して信号処理技術の進歩は、電源回路に厳しい課題を提起している。高速クロック、高速な動的電流スルーレートおよびより低い出力電圧は、スイッチングコンバータの動的性能を向上させるために不可欠な要素となる。

第2章では、スイッチングコンバータの三つ基本的な回路トポロジをレビューした。定常状態の等価回路モデル構造と伝達関数を紹介した。第3章ではDC-DC降圧コンバータに着目し、ダイナミック性能を解析した。ループ利得の周波数特性から考察し、入力電圧、負荷電流と参照信号の変動による過渡応答の表現を導出した。解析結果により電圧モード制御と電流モード制御の制御システムを設計することができる。電圧モード制御は、電流モード制御より高性能化に有利であるが、閉ループ帯域幅がオペアンプの利得帯域幅積に厳しく制限される。システム内の任意の変動は出力変化として検査される。これらはダイナミック性能の劣化の原因となる。

従来の固定三角波で制御変数と比較することのかわりに、傾き調整可能な三角波を電圧モード制御に用いることを提案した。これを用いてスイッチング素子を駆動するために使用されるパルス幅変調信号を生成する。提案した三角波の傾きは入力電圧と出力電圧の偏差に依存する。第4章で、設計した三角波発生器(TWG)回路、安定性解析、シミュレーション結果を示す。提案したTWGを用いることで負荷およびライン過渡応答が改善されることを示した。入力フィードフォワード制御を提供したため、TWGは入力過渡応答が改善された。また閉ループ帯域幅が増加できたので優れた動的性能が得られる。必要な追加の回路構成要素は、電圧加算器、電圧制御線形抵抗と電圧制御電流源だけである。提案したTWGは、DC-DC降圧コンバータの動的性能を改善するために簡単に有効な方法である。

第5章で、TWGをSIDO降圧型コンバータに適用し、クロス・レギュレーションを改善できたことを示した。